

28. 9. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

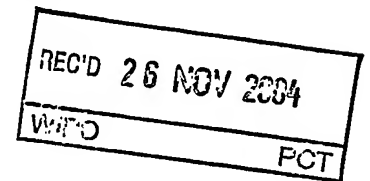
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 9月25日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-334378  
[ST. 10/C]: [JP2003-334378]

出 願 人  
Applicant(s): 独立行政法人産業技術総合研究所

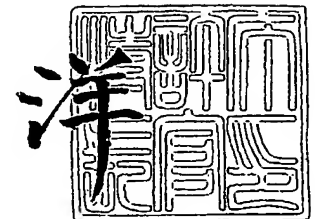


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 337N03107  
【提出日】 平成15年 9月25日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 B22D 23/00  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県名古屋市中守山区大字下志段味字穴ヶ洞 2 2 6 6 番地の 9 8  
                                独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内  
    【氏名】 三輪 謙治  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県名古屋市中守山区大字下志段味字穴ヶ洞 2 2 6 6 番地の 9 8  
                                独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内  
    【氏名】 田村 卓也  
【特許出願人】  
    【識別番号】 301021533  
    【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所  
【代理人】  
    【識別番号】 100102004  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 須藤 政彦  
    【電話番号】 03-5202-7423  
【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成15年度、新エネルギー・産業技術総合開発機構、革新的部材産業創出プログラム、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

溶融金属に電磁振動力を付与しながら凝固させることにより、金属ガラスを得ることを特徴とする金属ガラスの製造方法。

**【請求項 2】**

直流磁場と交流電場を同時に印加して電磁振動を発生させ、溶融金属に作用させて金属ガラスを製造する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 3】**

特定の電流周波数帯域（100 Hz 以上）において、電磁振動発生下で金属ガラスを製造する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 4】**

特定の磁場強度（1 テスラ以上）において、電磁振動発生下で金属ガラスを製造する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 5】**

請求項 1 から 4 に記載の条件を組み合わせた条件下で金属ガラスを製造する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 6】**

請求項 1 から 5 の方法で作製した、金属ガラス棒材、又は板材からなることを特徴とする金属ガラス素材。

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載の金属ガラス素材を構成要素として含むことを特徴とする軽量で高強度のマイクロマシン用精密部材。

**【請求項 8】**

請求項 6 に記載の金属ガラス素材を構成要素として含むことを特徴とする軽量で高強度の高機能・構造部材。

**【請求項 9】**

試料の保持容器、金属材料の加熱溶融手段、電磁振動発生及び印加手段、溶融金属を冷却する冷却手段、温度計測及び制御手段を構成要素として含み、溶融金属に電磁振動力を付与しながら凝固させるようにしたことを特徴とする金属ガラス製造装置。

**【請求項 10】**

電磁振動発生手段が、超伝導マグネットである、請求項 9 に記載の装置。

## 【書類名】明細書

## 【発明の名称】金属ガラスの製造方法及びその装置

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電磁振動力による金属ガラスの製造方法等に関するものであり、更に詳しくは、熔融金属に電磁振動力を付与しながら凝固させることにより金属ガラス形成能を向上させ、金属ガラスを製造することを特徴とする新規金属ガラス製造方法等に関するものである。

本発明は、従来、非常に大きな急冷速度が必要とされていた金属ガラスの製造技術の分野において、冷却速度に依存しない方法で金属ガラスを製造することを可能とする新規製造技術を提供するものであり、軽量で高強度な構造材料として高く期待されている金属ガラス棒材等の量産化を実現することが可能な次世代の金属素材の創製技術を提供するものとして有用である。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、金属ガラスは、マイクロマシン用の超精密部材や精密機械部品や、コリオリ流量計、圧力センサー、リニア・アクチュエーター等の高精度測定機器の機能部材等に応用され、その他、航空機や自動車等に対して、軽量で高強度な構造材料として高度な機能を発揮する材料としても大きな期待が待たれている。しかし、金属ガラスを製造するためには、合金溶湯がある臨界の冷却速度以上で急冷することが必須である（特許文献1～2）。合金溶湯が、急冷されない場合には、金属ガラスにならず、金属結晶になってしまう。そのため、種々の部品に応用される実用材料としての適用が可能となるためには、急冷しなくても結晶にならない技術の開発が必要であった。現在のところ、急冷法以外のプロセスはない。したがって、金属ガラスは、冷却速度の影響を小さくするために、合金元素及び量を制御して、急冷速度をできるだけ遅くしても金属ガラスが得られるようにすることにより、製造されているのが現状である（特許文献3～4）。

## 【0003】

しかし、急冷法に頼る製造方法では、金属ガラスを得るためには、合金系によっては非常に大きな急冷速度が必要となるし、そうでない合金系においても急冷は必要であるため、得られる部材の大きさに制限があり、合金系によってはあまり大きなサイズのものは製造できないという問題があった。そのため、金属ガラスを種々の部材として適用し得るようにするためには、急冷速度に依存しない方法で製造できること、及びそれにより部材としてある程度大きさを持ったものが製造できること、が必要である。

## 【0004】

【特許文献1】特開2001-62548号公報

【特許文献2】特開2000-271730号公報

【特許文献3】特開2000-256812号公報

【特許文献4】特開平11-131199号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

このような状況の中で、本発明者らは、上記従来技術に鑑みて、冷却速度に依存しない方法で金属ガラスを製造することを可能にする新しい方法を開発することを目標として鋭意研究を重ねた結果、熔融金属に電磁振動力を付与することにより所期の目的を達成し得ることを見出し、本発明を完成するに至った。

本発明は、電磁振動力を利用して金属ガラス形成能を向上させる方法、及び該方法を利用して金属ガラスを製造する方法を提供することを目的とするものである。また、本発明は、上記方法により、軽量で高強度の金属ガラス部材を提供することを目的とするものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上記課題を解決するための本発明は、以下の技術的手段から構成される。

- (1) 熔融金属に電磁振動力を付与しながら凝固させることにより、金属ガラスを得ることを特徴とする金属ガラスの製造方法。
- (2) 直流磁場と交流電場を同時に印加して電磁振動を発生させ、熔融金属に作用させて金属ガラスを製造する、前記(1)記載の方法。
- (3) 特定の電流周波数帯域(100Hz以上)において、電磁振動発生下で金属ガラスを製造する、前記(1)記載の方法。
- (4) 特定の磁場強度(1テスラ以上)において、電磁振動発生下で金属ガラスを製造する、前記(1)記載の方法。
- (5) 前記(1)から(4)に記載の条件を組み合わせた条件下で金属ガラスを製造する、前記(1)記載の方法。
- (6) 前記(1)から(5)の方法で作製した、金属ガラス棒材、又は板材からなることを特徴とする金属ガラス素材。
- (7) 前記(6)に記載の金属ガラス素材を構成要素として含むことを特徴とする軽量で高強度のマイクロマシン用精密部材。
- (8) 前記(6)に記載の金属ガラス素材を構成要素として含むことを特徴とする軽量で高強度の高機能・構造部材。
- (9) 試料の保持容器、金属材料の加熱熔融手段、電磁振動発生及び印加手段、熔融金属を冷却する冷却手段、温度計測及び制御手段を構成要素として含み、熔融金属に電磁振動力を付与しながら凝固させるようにしたことを特徴とする金属ガラス製造装置。
- (10) 電磁振動発生手段が、超伝導マグネットである、前記(9)に記載の装置。

## 【0007】

次に、本発明について更に詳細に説明する。

本発明は、熔融金属に電磁振動力を付与させながら凝固させることにより、金属ガラスを製造することを特徴とするものである。本発明では、好適には、金属ガラス化が容易な金属及び合金が用いられ、例えば、マグネシウム基合金、ジルコニウム基合金等が例示されるが、これらに限定されるものではなく、その種類は特に制限されない。また、本発明では、電磁振動力として、直流磁場と交流磁場の同時印加により発生する電磁振動力が用いられるが、これに制限されるものではなく、これと同効のものであれば同様に使用することができる。本発明は、冷却速度に依存しない方法で金属ガラスの製造を可能とするために、直流磁場と交流電場を同時に併用することにより、電磁振動力を発生させ、その下で熔融金属を凝固させることを主要な特徴とする。

## 【0008】

本発明では、例えば、保持容器に試料の金属材料を固定し、これを、例えば、超伝導マグネット等の外部ヒータで加熱溶解した後、電磁振動を所定時間印加し、同時に冷却手段で急冷して凝固させることにより金属ガラスを形成する。この場合、電磁振動力として、例えば、磁場2~10T、電磁振動電流3~10A、電磁振動周波数100~5000Hzが例示されるが、これらは、金属材料の種類等に応じて最適条件に任意に設定することができる。

## 【0009】

本発明で活用する電磁振動力は、金属ガラスを構成する液体状態にある金属原子に個別に作用させることが可能なため、液体状態から固体状態に変化して凝固する際に、原子が配列のし直しをすることを抑制し、液体状態の配置を保ったまま固体状態に変化する。これにより、金属ガラスを得ることが可能となる。本発明の装置としては、試料の保持容器、金属材料の加熱熔融手段、電磁振動発生及び印加手段、熔融金属を冷却する冷却手段、温度計測及び制御手段を構成要素とする金属ガラス製造装置、電磁振動発生手段が、超伝導マグネットであることを特徴とする前記の装置が例示されるが、これに制限されるものではなく、また、各手段の具体的構成は任意に設計することができる。

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明により、(1) 熔融金属に電磁振動力を付与することにより金属ガラス形成能力を向上させることができる、(2) 冷却速度に依存しない方法で金属ガラスを製造することができる新技術・新産業の創出が可能となる、(3) 軽量で高強度な金属部材の製造が可能となる、(4) 得られる部材の大きさに制限がなく、大型サイズの部材の作製が可能となる、(5) 金属ガラス形成能の向上化により、適用金属材料の範囲を拡大できる、という効果が奏される。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0011】

次に、実施例に基づいて本発明を具体的に説明するが、本発明は、以下の実施例によって何ら限定されるものではない。

## 【実施例 1】

## 【0012】

本実施例では、保持容器にMo箔を用いた電磁振動プロセスを説明する。

## 1) 方法

保持容器にMo箔を用いた電磁振動付与機構を作製し、この保持容器に試料として $Mg_{65}Y_{10}Cu_{25}$  (2φ、12mm) 合金を入れ、これを外部ヒータで加熱し、550℃、2minで溶解した後、電磁振動を10秒印加し、電磁振動を印加しながら水を吹きかけることにより水冷し、金属ガラス形成能に及ぼす電磁振動力の影響を調べた。

## 2) 結果

その結果、図1(a)の組織写真及び図2(a)のXRD図に示すように、電磁振動電流: 5A、1000Hz、磁場: 10T、で電磁振動を印加した条件では、金属ガラス単相が得られることが判明した。

## 【0013】

磁場を1Tにし、電磁振動力を弱めると、図1(b)の組織写真に示すように、金属ガラス相が大幅に減少し、結晶相の核が大量に観察された。また、図2(b)のXRD図では、金属ガラス相のブロードなピークの他に、結晶相からの鋭いピークが観察された。磁場を0Tにし、電磁振動力を印加しないと、図1(c)の組織写真に示すように、粗大な結晶相のみが観察され、また、図2(c)のXRD図では、結晶相からの鋭いピークのみが観察された。これらのことより、電磁振動力は、金属ガラス形成能を向上させることが判明した。

## 【実施例 2】

## 【0014】

本実施例では、保持容器にアルミナ管を用いた電磁振動プロセスを説明する。

## 1) 方法

保持容器にMo箔より冷却速度が遅くなるアルミナ管 (外径3φ、内径2φ) を用い、この保持容器に試料として $Mg_{65}Y_{10}Cu_{25}$  (2φ、12mm) 合金を入れ、これを外部ヒータで加熱し、550℃、2minで溶解した後、電磁振動を10秒印加し、電磁振動を印加しながら水を吹きかけることにより水冷し、より冷却速度が遅くなるアルミナ管を保持容器に用いた場合の金属ガラス形成能に及ぼす電磁振動力の影響を調べた。

## 【0015】

## 2) 結果

電磁振動力を磁場: 10T、電磁振動電流: 5Aと固定し、電磁振動周波数を100Hz、1000Hz、5000Hzと変化させた時の組織写真を図3に示す。図3(a)に示すように、電磁振動周波数が100Hzでは、金属ガラス相は観察されず、結晶相のみが観察された。図3(b)に示すように、電磁振動周波数が1000Hzでは、金属ガラス相中に結晶相の核が大量に観察された。また、図3(c)より、電磁振動周波数が5000Hzでは、金属ガラス単相が得られることが判明した。これらのことより、電磁振動周波数がより高いほうが、金属ガラス形成能を向上させる能力が高いことが判明した。

## 【0016】

電磁振動電流を 5 A, 5000 Hz と固定し、磁場を 10 T, 5 T, 2 T と変化させることにより電磁振動力を変化させた時の組織写真の変化を図 4 に示す。図 4 (a) に示すように、磁場が 10 T では、金属ガラス単相が得られ、図 4 (b) に示すように、磁場を 5 T にして電磁振動力を弱めても、金属ガラス単相が得られるが、磁場を 2 T にて更に電磁振動力を弱めると、図 4 (c) の組織写真に示すように、金属ガラス相が大幅に減少し、結晶相の核が大量に観察されることから、結晶相が出現することが判明した。このことから、電磁振動力は、金属ガラス形成能を向上させることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0017】

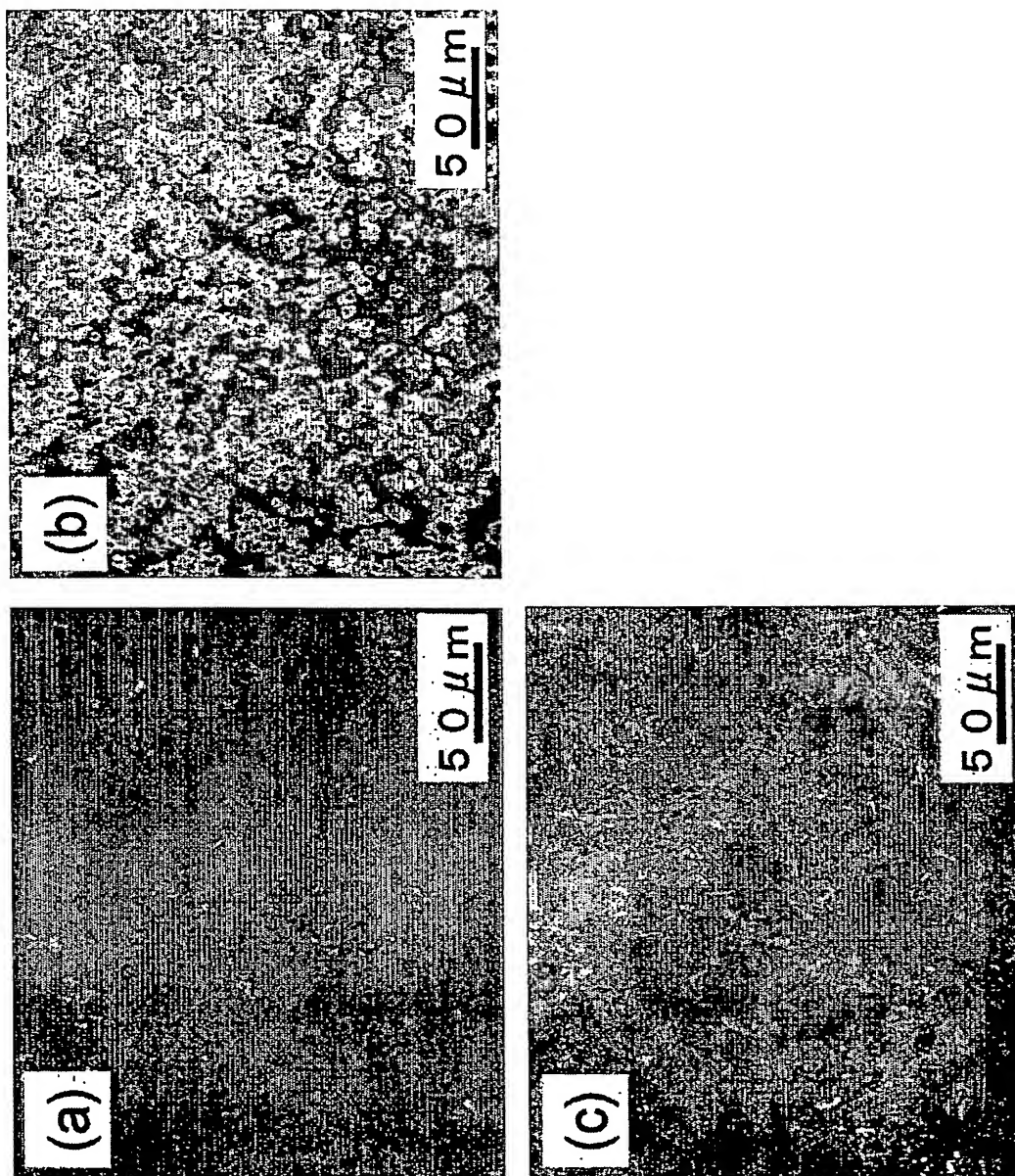
以上詳述したように、本発明により、マイクロマシン用の超精密部材や精密機械部品や、コリオリ流量計、圧力センサー、リニア・アクチュエーター等の高精度測定機器の機能部材等に応用され、その他、航空機や自動車等に対して、軽量で高強度な構造材料として高度な機能を発揮する材料としても大きな期待が待たれている金属ガラスを、冷却速度に依存しないで製造できる新しい製造技術を提供することができる。本発明は、電磁振動によりガラス形成能を向上させ、多段冷却制御により棒状素材等の創製技術及び軽量で高強度の構造部材として期待される金属ガラス棒材の量産化技術を提供するものとして有用である。

【図面の簡単な説明】

【0018】

- 【図 1】 電磁振動力による出現相の変化を示す。
- 【図 2】 電磁振動力による XRD 図の変化を示す。
- 【図 3】 電流周波数による出現相の変化を示す。
- 【図 4】 電磁振動による出現相の変化を示す。

【書類名】 図面  
【図 1】

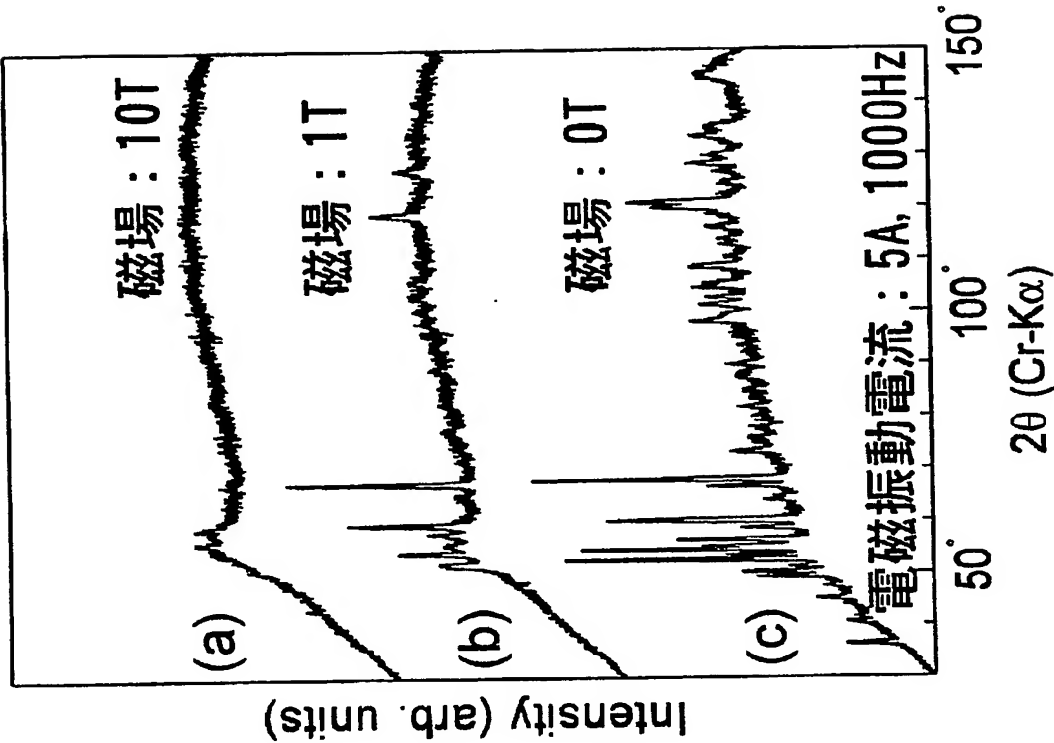


電磁振動力による出現相の変化 (電磁振動電流: 5A, 1000Hz,  
磁場: (a) 10T, (b) 1T, (c) 0T, 保持容器: Mo箔)

BEST AVAILABLE COPY

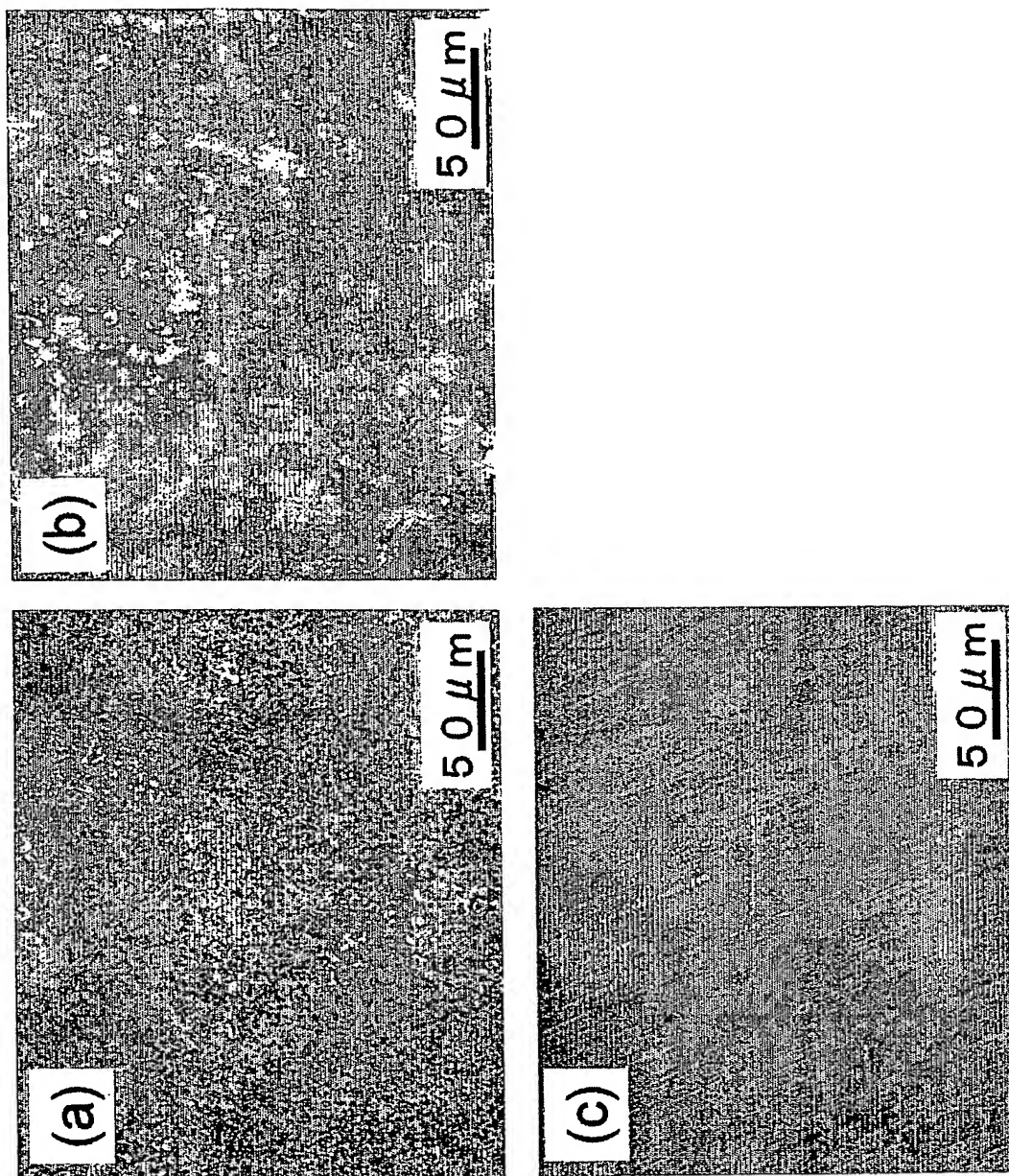


【図2】



電磁振動力によるXRD図の変化(電磁振動電流:5A,1000Hz,  
磁場:(a)10T, (b)1T, (c)0T, 保持容器:Mo箔)

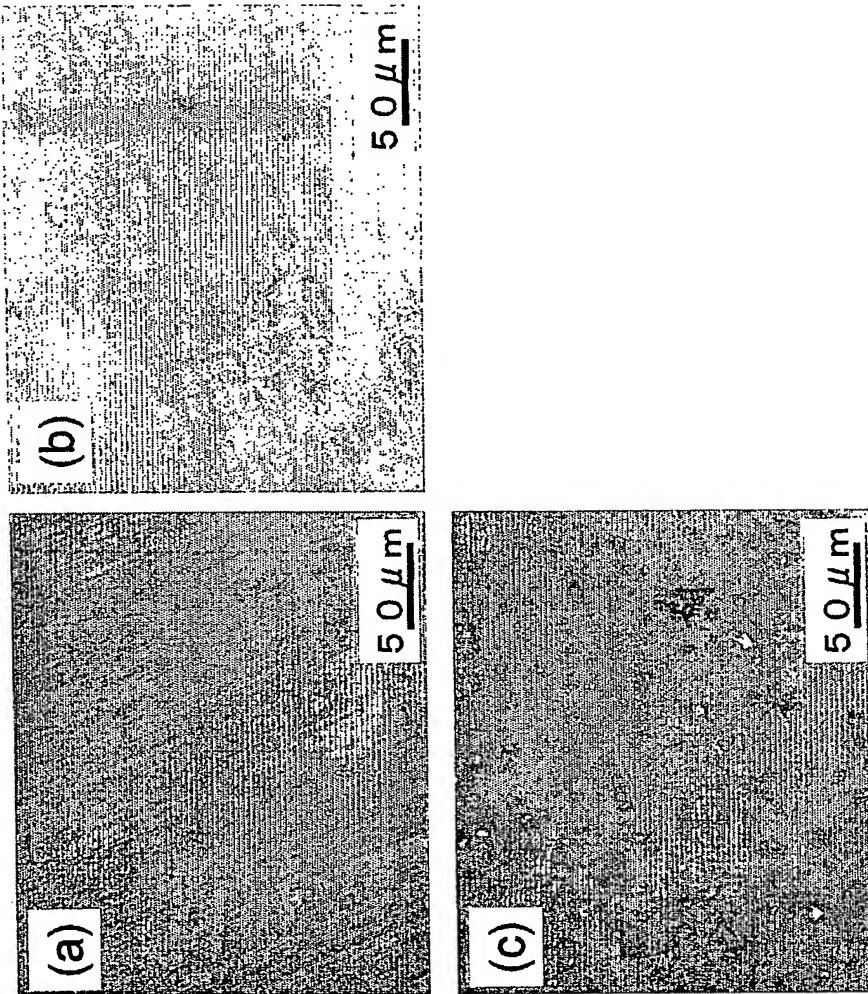
【図 3】



電流周波数による出現相の変化(磁場:10T, 電磁振動電流:5A,  
(a)100Hz, (b)1000Hz, (c)5000Hz, 保持容器:アルミナ管)

BEST AVAILABLE COPY

【図 4】



電磁振動力による出現相の変化(電磁振動電流:5A,5000Hz,  
磁場:(a)10T, (b)5T, (c)2T, 保持容器:アルミナ管)

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属ガラスの製造方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 溶融金属に電磁振動力を付与しながら凝固させることにより、金属ガラスを得ることを特徴とする金属ガラスの製造方法、直流磁場と交流電場を同時に印加して電磁振動を発生させ、溶融金属に作用させて金属ガラスを製造する前記の方法、及び試料の保持容器、金属材料の加熱溶融手段、電磁振動発生及び印加手段、溶融金属を冷却する冷却手段、温度計測及び制御手段を構成要素として含み、溶融金属に電磁振動力を付与しながら凝固させるようにしたことを特徴とする金属ガラス製造装置。

【効果】 軽量で高強度な構造部材として期待されている金属ガラス棒材の量産化を可能とする新しい金属ガラス製造技術を提供できる。

【選択図】 なし

特願 2 0 0 3 - 3 3 4 3 7 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 0 1 0 2 1 5 3 3 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名

独立行政法人産業技術総合研究所